

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 18 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23710195

研究課題名（和文）自動車への救命機能搭載を目指した救命予測アルゴリズムの開発

研究課題名（英文）Development of Probability of survival algorithm for motor vehicle crash victims

研究代表者

富永 茂 (Shigeru Tominaga)

日本大学・理工学部・助教

研究者番号：30426241

研究成果の概要（和文）：自動車衝突事故における負傷者の緊急度・重症度を予測するアルゴリズムの構築に関する大規模交通外傷データ分析，事故実態調査を実施した．事故直後の衝撃によるバイタルサインの低下，年齢効果が予測生存率に有意に影響することがわかった．事故実態調査から車両衝突速度，乗員拘束装置作動状況と傷害との関係を調査した．以上の分析結果をもとに将来の自動車搭載を目指した救命予測アルゴリズムを試作した．

研究成果の概要（英文）：In this study, probability of survival (Ps) on road accident was analyzed. A total of 5,005 road accident injury data from Japan Trauma Data Bank were used to estimate Japanese Ps model by using logistic regression modeling. These were statistically significant relation between Ps and revised trauma score and occupant's age score. In-depth accident sampling and investigation with medical and engineering network was examined. A total of 48 accidents injury data was collected. Lap and shoulder belt and airbag are affected with internal organs injury and rib fracture. In addition, the new type of driving-recorder system with injury prediction algorithm was developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：交通事故分析，自動車衝突安全，傷害予測

### 1. 研究開始当初の背景

自動車の衝突事故のような衝撃力を受ける人体は，いわゆる鈍的外傷により意識，呼吸，血圧等の生命維持に必要なバイタルサインの低下が始まり，1時間以内（ゴールデンアワー）に適切な救命処置を施すことが救命のために必要である．日本全国120施設の救命センターに搬送された重症患者データを集めた日本外傷データバンクの解析結果によると，外傷事故における救命率は年齢55歳以上から低下を認め，65歳以上では60%

程度まで低下する．

平成21年度中の交通事故による死者数は，4,914名と前年比に比べ減少しているが，それでもなお1日あたり約14名の割合になり，道路交通世界一安全な国家を目指すわが国にとっては，依然として厳しい状況である．特に，特に，千葉県交通事故調査委員会の報告によると，同県の交通事故死者数において「7人に1人は救命できた可能性があった」との報告がなされ，事故後に救急搬送の不適と治療開始の遅れによるいわゆる「防ぎえた

死」の存在が顕在化している。

救急救命医学および外傷学の分野では、現場の救急隊員および救命医に対して、救命を要する事故形態を高エネルギー事故と定義し、そのガイドラインを作成中であるが、そこには客観的かつ工学的な判断基準は存在していない。

本研究では、次世代の安全技術として自動車へ救命機能を搭載することで、「防ぎえた死」を予防する自動車救命支援システムを提案している(1)。そのシステムでは、①事故発生の緊急自動通報に加え、②救命を要する重症者の存在を認知するために傷害予測技術がキーとなる。

## 2. 研究の目的

衝突事故において既存のドライブレコーダあるいはイベントデータレコーダで記録した車載加速度データの活用を想定し、衝撃を受けた乗員の生理学的バイタルサインおよび年齢層衝撃耐性特性を統計的にモデル化することにより、救命の必要性をリアルタイムで計算する救命予測アルゴリズムすることを目的とする。さらに、このアルゴリズムの車載化を検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 大規模外傷データのマクロ統計解析による救命予測マクロモデル

日本外傷データバンクに集約されている約2万件の日本人の重傷外傷データを活用し、交通事故での乗員年齢層別の救命予測生存率モデルを作成する。救命予測のリスクファクタは、生理学的重症度 RTS (意識レベル, 呼吸数, 脈拍から算出する) と多発性解剖学的重症度および年齢ファクタを想定し、ロジスティック回帰モデルを用いて算出する。

### (2) 救命センターを拠点としたマイクロ外傷・事故車両調査による救命を要する事故形態の抽出

3次救命センターを拠点とし、救急車ならびにドクターヘリで救急搬送された自動車事故負傷者の傷害内容と車両損傷の現場調査を実施する。救命を要する事故形態について、自動車側の衝撃力とその入力方向、変形量、安全装備作動状況等と重症化するリスクファクタの洗い出しを行う

### (3) 車載型の傷害救命予測アルゴリズムの試作

現在普及している自動車搭載型のドライブレコーダ/イベントデータレコーダ活用を想定して、車両衝突速度と衝撃入力方向をベースに、安全装備作動状況等の車両衝撃情報と救命予測アルゴリズムを用いて、自動車救命機能の原型を試作する。

## 4. 研究成果

### (1) 大規模外傷データのマクロ統計解析による救命予測マクロモデル

日本外傷データバンクの外傷データを用いて、ロジスティック回帰分析を実施した。救命予測に指標として、予測生存率 Ps (Probability of survival) を用いた。

$$Ps = 1 / (1 + \exp(-z)) \quad (1)$$

ここで、z は救命予測のリスクファクタであり、衝突事故後の意識レベル、血圧、脈拍をコード化して計算される生理学的評価 RTS (Revised Trauma Score)、多発外傷解剖学的評価 ISS (Injury Severity Score) および年齢層 (55歳以上か否か) である。ロジスティック回帰モデルから算出された Ps が 100 の場合は生存率が 100% と予測され安定であり、50% 以下と予測されると救命の分野では極めて不安定である。図 1 に解剖学的重傷度 MAIS および年齢層と Ps の関係の関係を示す。

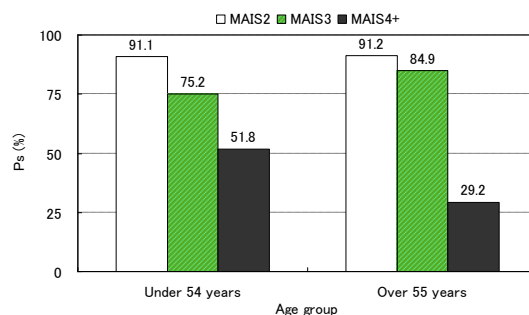


図 1 最大傷害 MAIS および年齢層と Ps の関係

同図より、年齢層が 55 歳以上の場合では、最大傷害が大きいと予測生存率 Ps が最大で 29.3% まで低下することが分かった。これより、事故後の生理学的評価および解剖学的評価が同程度であっても、加齢に伴う基礎疾患などによる生体機能の低下が予測生存率 Ps に関与していることが明らかになり、年齢因子 55 歳以上は救命予測において最優先すべきリスクファクタであることがわかった。

また、多発傷害では、生理学的評価 RTS に異常がみられ、予測生存率 Ps が著しく低下する傾向がみられた。

### (2) 救命センターを拠点としたマイクロ外傷・事故車両調査による救命を要する事故形態の抽出

3次救命センターを拠点に、48 事故例の事故実態調査を実施した。

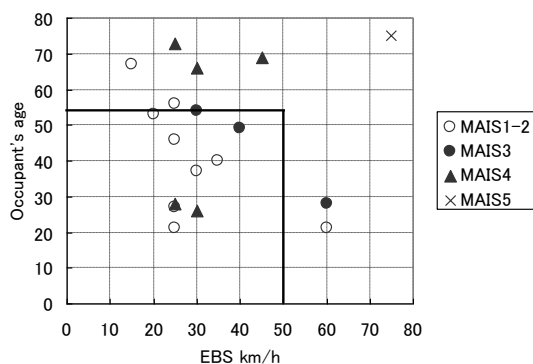
調査項目は、車両型式、車体変形量と変形部位、車室内侵入量、シートベルト着用状況、エアバッグ展開状況、ハンドル変形、シート変形、乗員の接触箇所である。そして、傷害調査データの傷害箇所と車室内接触箇所を

突き合わせて加害部位の特定を行う。衝突の大きさを示す指標として、バリア換算速度 EBS (Equivalent Barrier Speed) を計算した。

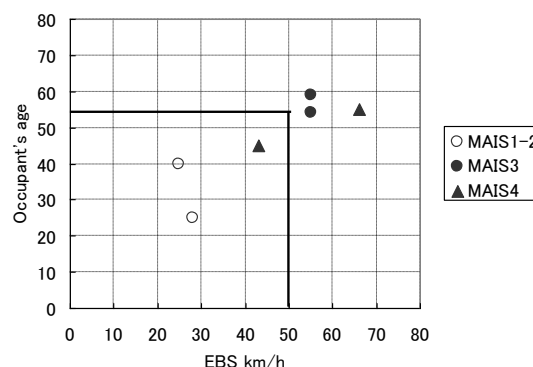
$$EBS = \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad \text{km/h} \quad (2)$$

ここで、 $m$  は車両質量、 $E$  は車体変形による衝突エネルギー吸収量であり、車体形状別のエネルギー吸収分布図を利用して求めた。

図 2 に胸部傷害と腹部傷害発生と衝突バリア換算速度と乗員年齢との関係を示す。



(a) 胸部傷害の場合



(b) 腹部傷害の場合

図 2 衝突バリア換算速度 EBS および乗員年齢と傷害発生の関係

同図より、バリア換算速度ならびに年齢が高い範囲で MAIS 3+ の重傷傷害の発生頻度が高いことがわかる。傷害内容は、肋骨骨折、心臓損傷、胸部大動脈損傷、フレイルチェスト、血胸、気胸であった。

バリア換算速度が 30 km/h 以下の比較的軽微な車両損傷であっても年齢 55 歳以上の場合に MAIS 3+ 傷害が発生する傾向がわかる。これらの事故例の加害部位はシートベルトと推定でき、加齢に伴う胸部耐性の低下が確認できた。これより、高齢者乗員保護対策としては、現行の衝突試験速度の範囲内であっても年齢効果を考慮して胸部傷害基準を評価する必要があるといる。

腹部傷害においても、バリア換算速度なら

びに年齢が高い範囲において、MAIS 3+ 傷害の発生頻度が高い傾向が確認できる。傷害内容は、腸間膜損傷、小腸損傷であり、バリア換算速度が 40 km/h 以上から傷害が発生している。これらの事故例の加害部位はシートベルトと推定でき、また衝突による座席シート変形もが確認できた。これより、シートベルトによる腹部傷害が発生していることがわかった。衝突によりサブマリン現象（衝突により尻滑りが生じて、通常は骨盤に掛かるシートベルトがせり上がり、腹部にくい込む現象）が生じてシートベルトが腹部にくい込むことで、外力が直接腹部に作用し、腸間膜が裂けたと考えられる。患者の腹部には、シートベルトがせり上がったと考えられる皮下出血が認められている。

以上より、衝突状況によりシートベルトの拘束力が傷害を発生させていることがわかった。

## (2) 車載型の傷害救命予測アルゴリズムの試

ドライブレコーダで記録する車載データを想定した救命予測アルゴリズムの目的は、重症度を判別することである。3 次救命センターへ搬送すべき重症度をグレード 3 とし、生命の危険度がない中等症をグレード 2、軽症をグレード 1 として予測する (表 1)。

表 1 救命予測アルゴリズム

	GRADE 1 (Minor injury)	GRADE 2 (Moderate injury)	GRADE 3 (Serious injury)
Vital signs and level of consciousness	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>•JCS <math>\geq 100</math></li> <li>•RR <math>&lt; 10</math> or <math>\geq 30</math></li> <li>•SBP <math>&lt; 90</math></li> <li>•SpO<sub>2</sub> <math>&lt; 90</math></li> </ul>
Assess anatomy of injury	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>•All penetrating injuries</li> <li>•Skull fracture</li> <li>•Flail chest etc...</li> </ul>
Assess mechanism of injury	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>•High-energy automobile crash</li> <li>•Death in same passenger</li> <li>•Ejection from automobile ...etc</li> </ul>
Acceleration threshold value	$\geq 50[m/s^2]$	$\geq 200[m/s^2]$	$\geq 400[m/s^2]$
High-risk factors	(1)Near-side impact (4)Roll over	(2)Older adults (Over age 55) (5)Multiple impact	(3)Non-belt use (6)Elapsed time after the crash

車体の重心点付近に設置した 3 軸加速度センサで記録する衝突前後の 15 sec. 間の 3 軸加速度の前後方向加速度と横方向加速度を用いて、車体合成加速度を計算し衝突の大きさと衝撃力の入力角度を推算する。

1 次判定では、車体合成加速度が 400 m/s<sup>2</sup> 以上をグレード 3 とし、200 m/s<sup>2</sup> 以上をグレード 2、50 m/s<sup>2</sup> 以上をグレード 1 とした。2 次判定では、ニアサイド衝突、年齢 55 歳以上、シートベルト非着用、ロールオーバー、多重衝突、事故後の経過時間を危険因子として、いずれか 1 つでも該当する場合に自動的にグレードを 1 段階引き上げ、アンダートリ

アージを防ぐように設定した。

さらに、乗員のバイタルサインとして呼吸計測情報とシートベルト荷重計測情報を追加した。呼吸計測は、マイクロ波ドップラー効果を利用したモジュールを用いて座席シート背部に搭載した。シートベルト荷重は小型ロードセルタイプを用いて、肩ベルトと腰ベルト部の拘束力を計測する。以上の装置を小型電気自動車に実装し動作確認を実施した(図3)。



(a) 呼吸計測とシートベルトベルト荷重計測



(b) 救命予測アルゴリズムの出力例

図3 救命予測アルゴリズムの実装例

以上の成果より、現状の自動車衝突事故における乗員の緊急度・重症度を評価する救命予測アルゴリズムの試作とその実現可能性を示すことができた。今後は、アルゴリズムの予測結果と実傷害の照合を事故実態調査から行うとともに、アルゴリズムの改良および車載化への検討を行う予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 富永茂, 西本哲也, 本村友一, 益子邦洋, 阪本雄一郎: 外傷データとマイクロ事故調査による重傷胸腹部外傷の実態解析, 自

動車技術会論文集, Vol.43, No.2, pp.269-274 (2012), 査読あり

[学会発表] (計7件)

- ① Yamamoto, M., Okano, M., Tominaga, S.: Study of the Mechanical Model of Abdominal Injury, 5th Pacific-Asia Conference on Mechanical Engineering, August 2012, Manila, Philippines.
- ② Tonishi, A., Okano, M., Tominaga, S.: Measurement of Vital-signs for Improvement in Predictive Accuracy for Occupant's Serious Injury Risk, 5th Pacific-Asia Conference on Mechanical Engineering, August 2012, Manila, Philippines.
- ③ 富永茂, 西本哲也, 菊池厚躬, 本村友一, 益子邦洋, 阪本雄一郎: 事故実態調査に基づく自動車乗員の胸腹部傷害の発生条件に関する解析, 自動車技術会春季学術講演会, 2012年5月, 横浜
- ④ 富永茂, 西本哲也, 本村友一: 事故実態調査による胸腹部傷害の受傷機序の解析, 日本機械学会 第24回バイオエンジニアリング講演会, 2012年1月, 大阪
- ⑤ 川村幸成, 西本哲也, 富永茂, 本村友一: 自動車交通事故における受傷者の重症度評価, 日本機械学会シンポジウムスポーツ・アンド・ヒューマンダイナミクス, 2011年11月, 京都
- ⑥ 望月康廣, 西本哲也, 富永茂, 阪本雄一郎, 益子邦洋: 日本外傷データバンクを用いた交通傷害の詳細解析, 自動車技術会春季学術講演会, 2011年5月, 横浜
- ⑦ 横田陽弘, 田中貴之, 富永茂, 岡野道治, 西本哲也: ドライブレコーダを活用した自動車乗員の傷害予測手法の研究, 自動車技術会関東支部学術講演会前刷集, 2011年3月, 横浜

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

富永茂 (Shigeru Tominaga)

日本大学・理工学部・助教

研究者番号: 30426241